

10/528408

PCT/JP 03/13013

09 10 03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

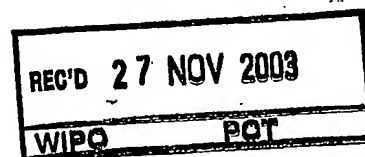
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年10月10日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-297400  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2002-297400]

出願人 三菱重工業株式会社  
Applicant(s):

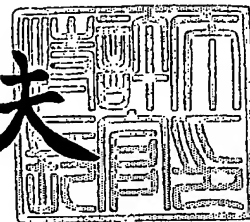


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3093704

【書類名】 特許願

【整理番号】 200200718

【提出日】 平成14年10月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02C 09/28  
F02C 07/08  
F23R 03/28  
G05D 07/08  
G05D 11/13  
G05D 23/00

【発明の名称】 燃焼器制御装置

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内

【氏名】 田中 聡史

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内

【氏名】 中村 慎祐

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内

【氏名】 藤井 文倫

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内

【氏名】 氏家 直樹

## 【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社高砂製作所内

【氏名】 外山 浩三

## 【特許出願人】

【識別番号】 000006208

【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100085501

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐野 静夫

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 024969

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206607

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃焼器制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発電機と同軸に設けられたガスタービンに設けられるとともに当該ガスタービンに燃焼ガスを与えて回転させる燃焼器を制御する燃焼器制御装置において、

前記発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値に基づいて、前記燃焼器に与える燃料流量を設定する燃料流量演算部と、

前記燃焼器に流入される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいて、前記ガスタービンに前記燃焼器から流入される燃焼ガスの温度であるタービン入口温度を求めるタービン入口温度演算部と、

種火を拡散燃焼する前記燃焼器内のパイロットノズルに与えるパイロット燃料と空気と燃料とを混合して予混燃焼する前記燃焼器内のメインノズルに与えるメイン燃料との合計となる全燃料流量に対する前記パイロット燃料の比となるパイロット比を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定するパイロット比演算部と、

前記燃焼器内に流入させる空気流量を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定する空気流量演算部と、

を備え、

前記パイロット比演算部で求められたパイロット比と前記燃料流量演算部で求められた前記燃料流量とに基づいて、前記パイロット燃料及び前記メイン燃料の流量を制御するとともに、前記空気流量演算部で求められた空気流量によって前記燃焼器内に流入させる空気流量を制御することで、前記燃焼器の燃焼状態を制御することを特徴とする燃焼器制御装置。

【請求項 2】 前記タービン入口温度演算部において、タービン入口温度  $T_4$  が、

$$C_{p4} V_{cb} \gamma_4 \times (dT_4/dt) = C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f - C_{p4} G_4 T_4$$

$G_f$  : 前記燃焼器へ供給する燃料の流量

$T_f$  : 前記燃焼器へ供給する燃料の温度

G 3 : 前記燃焼器へ供給する空気の流量

T 3 : 前記燃焼器へ供給する空気の温度

C p 3 : 前記燃焼器の車室比熱、

C p 4 : 前記燃焼器で生成される燃焼ガスの比熱

C p f : 前記燃料の比熱

$\eta$  : 前記燃焼器の熱効率

H f : 前記燃料の発熱量

$\gamma$  4 : 前記燃焼ガスの比重

V c b : 前記燃焼器の容積

G 4 : タービン入口燃焼ガス流量 ( $= G 3 + G f$ )

により、求められることを特徴とする請求項 1 に記載の燃焼器制御装置。

【請求項 3】 前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が低いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が高く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が多くなり、

又、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が高いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が低く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が少なくなることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の燃焼器制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ガスタービンの燃焼器制御装置に関するもので、特に、燃焼器に与える燃料及び空気の燃空比を制御するための燃焼器制御装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

ガスタービンの燃焼器として、燃料ガスを拡散させて種火で拡散燃焼するパイロットノズルと空気と燃料を混合して予混燃焼するメインノズルとを備えたものが、従来より使用されている。このような燃焼器から燃焼ガスを利用してガスタービンが回転を行い、このガスタービンの動力により発電機が発電する。よって

、ガスタービンを利用した発電施設では、燃焼器の燃焼制御を行うことで、発電機の出力制御を行うことができる。

#### 【0003】

このような燃焼器の燃焼制御を行う際、パイロットノズルに供給するパイロット燃料とメインノズルに供給するメイン燃料との燃料比率も制御される。この燃料比率を適切な値に制御することによって、 $\text{NO}_x$ の排出量を抑制することができる。図6に、このようなパイロットノズル及びメインノズルを備えた燃焼器の制御を行うための従来の燃焼器制御装置の構成を示す。

#### 【0004】

図6の燃焼器制御装置100は、燃焼器バイパス弁8の開度を制御するためのバイパス弁制御信号をバイパス弁開度演算部102によって発電機4からの出力に基づいて生成し、燃焼器バイパス弁8に与えて燃焼器3に供給する空気量を制御する。又、この燃焼器制御装置100は、入口案内翼（IGV）5の開度を制御するためのIGV制御信号をIGV開度演算部103によって発電機4からの出力に基づいて生成し、IGV5に与えて圧縮機1に流入する空気量を制御する。尚、バイパス弁開度演算部102及びIGV開度演算部103では、図3及び図4のグラフに基づいて、バイパス弁制御信号及びIGV制御信号の値が求められる。又、図3及び図4の横軸は、発電機4からの出力を表す。

#### 【0005】

更に、燃焼器制御装置100は、減算部9において発電機4からの出力と目標値とする発電機出力との差分を求めた後、PI部10において積分成分を与えて、燃料流量指令信号（CSO）を生成する。そして、このPI部10からのCSOの値をリミッタ11で所定値Lと比較して、その値が所定値Lより低くなると、CSOをパイロット比演算部101及び乗算部12に与える。

#### 【0006】

パイロット比演算部101では、CSOに基づいて、乗算部12での乗算値を設定して乗算部12に与える。乗算部12では、リミッタ11より与えられるCSOに対して、パイロット比演算部101より与えられる乗算値を乗算してパイロット燃料制御信号を生成し、パイロット燃料制御弁7に与える。又、減算部1

3において、リミッタ11より与えられるCSOから乗算部12より与えられるパイロット燃料制御信号を減算してメイン燃料制御信号を生成し、メイン燃料制御弁6に与える。尚、パイロット比演算部101では、図2のグラフに基づいて、パイロット燃料制御信号の値が求められる。又、図2の横軸は、CSOの値を表す。

#### 【0007】

このような燃焼器制御装置100によって、ガスタービン2への負荷が低く発電機4の出力が低くなる時、燃焼振動を抑えて安定燃焼させるために、IGV5の開度を閉じて圧縮機1に流入する空気流量を減少させるとともに、燃焼器バイパス弁8の開度を開いて圧縮機1からガスタービン2へ直接流入させる圧縮空気の流量を増加させる。このようにして、燃焼器3への空気流量を減らすことで、燃空比を上げる。又、ガスタービン2への負荷が高く発電機4の出力が高くなる時、NO<sub>x</sub>排出量を抑制するために、IGV5の開度を開いて圧縮機1に流入する空気流量を増加させるとともに、燃焼器バイパス弁8の開度を閉じて圧縮機1からガスタービン2へ直接流入させる圧縮空気の流量を減少させる。このようにして、燃焼器3への空気流量を増やすことで、燃空比を下げる。

#### 【0008】

更に、発電機の出力が低くなる時、パイロットノズルの燃焼を活性化させ燃焼振動を抑えて安定燃焼させるために、メイン燃料制御弁6の開度を閉じるとともにパイロット燃料制御弁7の開度を開いて、燃焼器3に与えられる全燃料に対するパイロット燃料の比率（パイロット比）を高くする。又、発電機の出力が高くなる時、パイロットノズルの燃焼を抑えてNO<sub>x</sub>排出量を抑制するために、メイン燃料制御弁6の開度を開くとともにパイロット燃料制御弁7の開度を閉じて、パイロット比を低くする。

#### 【0009】

このように、従来は、燃焼によって得られた熱エネルギーがガスタービン2による運動エネルギーに変換され、この運動エネルギーが発電機4によって電気エネルギーに変換される。このように、発電機4の出力が燃焼器3における燃焼状態に近い状態を表し、又、燃焼器3での燃焼状態の変化に対して応答遅れが少な

い。よって、上述で説明したように、従来では、パイロット比や IGV5 及び燃焼器バイパス弁 8 の開度は、発電機 4 の出力に基づいて設定される。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の燃焼器制御装置において、燃焼器へ供給する空気流量やパイロットノズル及びメインノズルへ供給する燃料流量が、発電機の出力に基づいて設定されるため、発電機の電力供給系統の力率が変化した場合や蒸気タービンを併用した複合発電システムで急激な負荷変動があった場合などにおいて、正確な制御を行うことができない。

#### 【0011】

即ち、発電機の電力供給系統において、無効電力が増大して、その力率が変化した場合、発電機出力を有効電力で測定していることから、燃焼によって得たガスタービンの推進トルクと発電機出力との比例関係が崩れてしまう。このとき、ガスタービンの推進トルクが変化していないにも関わらず、発電機出力が小さくなるため、パイロット比及び燃空比を増大するような制御を行ってしまう。

#### 【0012】

又、蒸気タービンとガスタービンとを 1 本の軸でつないだ複合発電施設では、発電機の出力は、ガスタービンの推進トルクと蒸気タービンの推進トルクとの和に相当する。そのため、ガスタービンの推進トルクに基づく発電機の出力が、定常状態における蒸気タービンの推進トルクを推定することによって求められ、この求められたガスタービンの推進トルクに相当する発電機の出力に基づいて燃焼器におけるパイロット比及び燃空比が制御されている。よって、ガスタービンの推進トルクに相当する発電機の出力が正確に求められるわけではなく、急激な負荷変動が発生したときなどは、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の正確な制御が行えない。

#### 【0013】

このような問題を防ぐためには、燃焼器出口における燃焼ガスの温度（即ち、ガスタービン入口に供給される燃焼ガス温度であり、以下、「タービン入口温度」と呼ぶ）により、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の制御を行うことが



好ましい。しかしながら、近年のガスタービンにおいて、そのタービン入口温度が1500℃を超えるようになっているため、タービン入口温度を長期間続けて測定できる温度測定器が存在しない。又、タービン入口温度を、燃焼器の車室圧力とガスタービンの排ガス温度から演算して推定する方法もあるが、燃焼状態に対する排ガス温度の応答性が悪い。よって、結果的に、実際のタービン入口温度が遅延した値が与えられ、燃焼器におけるパイロット比及び燃空比の制御において、応答遅れが発生する。

#### 【0014】

このような問題を鑑みて、本発明は、応答遅れが無く正確にタービン入口温度が演算可能であるとともに、演算結果となるタービン入口温度に基づいて燃焼器の制御を行うことができる燃焼器制御装置を提供することを目的とする。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の燃焼器制御装置は、発電機と同軸に設けられたガスタービンに設けられるとともに当該ガスタービンに燃焼ガスを与えて回転させる燃焼器を制御する燃焼器制御装置において、前記発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値に基づいて、前記燃焼器に与える燃料流量を設定する燃料流量演算部と、前記燃焼器に流入される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいて、前記ガスタービンに前記燃焼器から流入される燃焼ガスの温度であるタービン入口温度を求めるタービン入口温度演算部と、種火を拡散燃焼する前記燃焼器内のパイロットノズルに与えるパイロット燃料と空気と燃料とを混合して予混燃焼する前記燃焼器内のメインノズルに与えるメイン燃料との合計となる全燃料流量に対する前記パイロット燃料の比となるパイロット比を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定するパイロット比演算部と、前記燃焼器内に流入させる空気流量を、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度に基づいて設定する空気流量演算部と、を備え、前記パイロット比演算部で求められたパイロット比と前記燃料流量演算部で求められた前記燃料流量とに基づいて、前記パイロット燃料及び前記メイン燃料の流量を制御するとともに、前記空気流量演算部で求められた空

気流量によって前記燃焼器内に流入させる空気流量を制御することで、前記燃焼器の燃焼状態を制御することを特徴とする。

#### 【0016】

このとき、パイロット比演算部で演算されたパイロット比を燃料流量演算部で求められた燃料流量に乗算してパイロットノズルへのパイロット燃焼流量を求めるとともに、燃料流量演算部で求めた燃料流量よりパイロット燃料流量を減算することでメインノズルへのメイン燃料流量を求める。そして、燃焼器制御装置は、パイロット燃料流量及びメイン燃料流量を決定するパイロット燃料制御弁及びメイン燃料弁それぞれの開度を制御する。

#### 【0017】

又、燃焼器制御装置は、ガスタービンと同軸の圧縮機で圧縮された空気が与えられるとき、圧縮機に設けられた入口案内翼の開度と、圧縮機から燃焼器へ圧縮空気を供給する経路から分岐されてガスタービンへ圧縮空気を供給する経路に設けられた燃焼器バイパス弁の開度とを、空気流量演算部で求められた空気流量に基づいて制御する。

#### 【0018】

又、燃料流量演算部では、発電機の出力と前記発電機が目標とする出力の差分値を求める減算部と、この減算部より燃焼器への燃料流量を設定する流量設定部とを備え、流量設定部で設定した燃料流量が所定の閾値以上となる場合、当該所定の閾値を燃料流量として設定して出力する。

#### 【0019】

更に、タービン入口温度演算部に与える燃焼器へ供給される空気流量の値が、圧縮機入口における差圧と、燃焼器バイパス弁の開度に基づいて求められるようにしても構わない。

#### 【0020】

又、請求項2に記載するように、前記タービン入口温度演算部において、タービン入口温度  $T_4$  が、

$$C_{p4} V_{cb} \gamma_4 \times (dT_4/dt) = C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f - C_{p4} G_4 T_4$$

$G_f$  : 前記燃焼器へ供給する燃料の流量

T f : 前記燃焼器へ供給する燃料の温度  
G 3 : 前記燃焼器へ供給する空気の流量  
T 3 : 前記燃焼器へ供給する空気の温度  
C p 3 : 前記燃焼器の車室比熱、  
C p 4 : 前記燃焼器で生成される燃焼ガスの比熱  
C p f : 前記燃料の比熱  
 $\eta$  : 前記燃焼器の熱効率  
H f : 前記燃料の発熱量  
 $\gamma$  4 : 前記燃焼ガスの比重  
V c b : 前記燃焼器の容積  
G 4 : タービン入口燃焼ガス流量 (= G 3 + G f)

により、求められる。

#### 【0021】

又、請求項3に記載するように、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が低いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が高く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が多くなり、又、前記タービン入口温度演算部で求められたタービン入口温度が高いとき、前記パイロット比演算部で求められる前記パイロット比が低く、前記空気流量演算部で求められる空気流量が少なくなる。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態における燃焼器制御装置を備えたガスタービン発電施設の構成を示すブロック図である。尚、図1において、図6と同一部分については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

#### 【0023】

図1のガスタービン発電施設は、第1段静翼であるIGV5を備えた圧縮機1と、圧縮機1と同軸に備えられたガスタービン2と、ガスタービン2を回転させるために燃焼ガスを供給する燃焼器3と、ガスタービン2が回転することによつ

て回転して発電する発電機 4 とを備える。又、燃焼器 3 のメインノズル（不図示）に供給する燃料流量を設定するメイン燃料制御弁 6 と、燃焼器 3 のパイロットノズル（不図示）に供給する燃料流量を設定するパイロット燃料制御弁 7 と、燃焼器 3 へ供給する空気流量を決定するために圧縮機 1 からガスタービン 2 へバイパスさせる空気流量を設定する燃焼器バイパス弁 8 と、燃焼器 3 の燃空比及びパイロット比を制御する燃焼器制御装置 20 とを備える。

#### 【0024】

更に、燃焼器 3 への燃料流量  $G_f$  及び燃料温度  $T_f$  それぞれを測定するためにメインノズル及びパイロットノズルそれぞれに燃料を供給する燃料供給用通路の分岐までに設けられた流量測定器 21 及び温度測定器 22 と、圧縮機 1 から吐出される圧縮空気の温度  $T_3$  を測定するために圧縮機 1 の出口に設けられた温度測定器 23 と、圧縮機 1 に流入される空気の差圧  $P_d$  を測定するために圧縮機 1 の IGV 5 の前後に設けられた差圧測定器 24 と、を備える。

#### 【0025】

ガスタービン発電施設がこのように構成されるとき、圧縮機 1 へ流入される空気量が IGV の開度によって設定されるとともに、圧縮機 1 から燃焼器 3 へ流入される空気量が燃焼器バイパス弁 8 によって設定される。そして、圧縮機 1 で圧縮された空気が燃焼器 3 に供給されると、パイロット燃料制御弁 7 を通じて燃料が与えられるパイロットノズルによって拡散燃焼が成されるとともに、メイン燃料制御弁 6 を通じて燃料が与えられるメインノズルによって予混燃焼が成され、燃焼器 3 で燃焼されて得た高温の燃焼ガスがガスタービン 2 に供給される。ガスタービン 2 が燃焼器 3 より供給される燃焼ガスによって回転すると、同軸の発電機 4 も回転するため、発電機 4 が発電して電気出力を行う。

#### 【0026】

このとき、燃焼器 3 に供給される全燃料流量  $G_f$  が流量測定器 21 によって測定されるとともに、その温度  $T_f$  が温度測定器 22 によって測定される。又、圧縮機 1 から燃焼器 3 へ供給される空気温度  $T_3$  が温度測定器 23 によって測定される。更に、圧縮機 1 へ流入される空気の差圧  $P_d$  が差圧測定器 24 によって測定される。測定された燃料流量  $G_f$ 、燃料温度  $T_f$ 、空気温度  $T_3$ 、差圧  $P_d$  及

び燃焼器バイパス弁 8 の開度  $k$  が燃焼器制御装置 20 に与えられる。

#### 【0027】

そして、燃焼器制御装置 20 によって、燃料流量  $G_f$ 、燃料温度  $T_f$ 、空気温度  $T_3$ 、差圧  $P_d$  及び燃焼器バイパス弁 8 の開度  $k$  に基づいて、燃焼器 3 の燃空比及びパイロット比が設定される。そして、設定された燃空比及びパイロット比に基づいて、IGV 制御信号、メイン燃料制御信号、パイロット燃料制御信号、及びバイパス弁制御信号がそれぞれ生成され、IGV 5、メイン燃料制御弁 6、パイロット燃料制御弁 7、及び燃焼器バイパス弁 8 に与えられる。

#### 【0028】

この燃焼器制御装置 20 は、発電機 4 の出力  $E_0$  が与えられるとともに目標とする出力  $E_1$  との差分値  $E_1 - E_0$  が求められる減算部 9 と、減差分部 9 からの差分値  $E_1 - E_0$  に対して積分成分を付加して CSO を生成する PI 部 10 と、PI 部 10 からの CSO の値が  $L$  以上となる時値が  $L$  となる CSO を出力するリミッタ 11 と、リミッタ 11 からの CSO が与えられてパイロット燃料制御信号を生成する乗算部 12 と、リミッタ 11 からの CSO の値より乗算部 12 からのパイロット燃料制御信号の値を減算してメイン燃料制御信号を生成する減算部 13 と、差圧  $P_d$  及び燃焼器バイパス弁 8 の開度  $k$  に基づいて燃焼器 3 へ流入される空気流量  $G_3$  を求める空気流量演算部 14 と、燃料流量  $G_f$ 、燃料温度  $T_f$ 、空気流量  $G_3$ 、及び空気温度  $T_3$  に基づいてタービン入口温度  $T_4$  を求めるタービン入口温度演算部 15 と、タービン入口温度  $T_4$  に基づいてパイロット比を求め乗算部 12 に与えるパイロット比演算部 16 と、タービン入口温度  $T_4$  に基づいてバイパス弁制御信号を生成するバイパス弁開度演算部 17 と、タービン入口温度  $T_4$  に基づいて IGV 制御信号を生成する IGV 開度演算部 18 とを備える。

#### 【0029】

このように燃焼器制御装置 20 が構成されるとき、発電機 4 からの出力  $E_0$  が減算部 9 に与えられると、目標とする発電機 4 の出力  $E_1$  から実際の出力  $E_0$  が減算されて、差分値  $E_1 - E_0$  が求められる。この差分値  $E_1 - E_0$  に対して、応答特性を良好にするために PI 部 10 において積分成分が付加されて CSO が

生成されると、リミッタ 11 に与えられる。リミッタ 11 では、CSO の値が L と比較されて、L より小さい場合は P I 部 10 からの CSO がそのまま出力され、L 以上となる場合は値が L となる CSO が出力される。

### 【0030】

又、差圧測定器 24 で測定された IGV 5 の内外の差圧 P d と燃焼器バイパス弁 8 の開度 k が空気流量演算部 14 に与えられて、圧縮機 1 から燃焼器バイパス弁 8 を介して燃焼器 3 に供給される空気流量 G 3 が求められる。そして、この空気流量演算部 14 で求められた空気流量 G 3 とともに、流量測定部 21 及び温度測定部 22, 23 それぞれで測定された燃料流量 G f 及び燃料温度 T f 及び空気温度 T 3 がタービン入口温度演算部 15 に与えられる。タービン入口温度演算部 15 では、(1) 式より得られる (2) 式で表される伝達関数に基づいて、タービン入口温度 T 4 が求められる。

### 【0031】

$$Cp_4 V_{cb} \gamma_4 \times (dT_4/dt) = Cp_f G_f T_f + Cp_3 G_3 T_3 + \eta H_f G_f - Cp_4 G_4 T_4 \quad \dots \quad (1)$$

$$T_4(s) = (Cp_f G_f(s) T_f(s) + Cp_3 G_3(s) T_3(s) + \eta H_f G_f(s)) / (Cp_4 G_4(s) + Cp_4 V_{cb} \gamma_4 s) \dots \quad (2)$$

但し、Cp 3 : 燃焼器 3 の車室比熱、Cp 4 : 燃焼ガス比熱、Cp f : 燃料比熱、η : 燃焼器 3 の熱効率、H f : 燃料発熱量、γ 4 : 燃焼ガス比重、V c b : 燃焼器容積、G 4 : タービン入口燃焼ガス流量 (= G 3 + G f) である。又、G 3 (s)、T 3 (s)、G 4 (s)、G f (s)、T f (s) はそれぞれ s による関数であり、それぞれは計測値により変化する関数である。

### 【0032】

尚、(1) 式は、タービン入口温度の動的挙動を表すもので、右辺の第 1 項が燃料ガスの有する熱エネルギーを、右辺の第 2 項が流入空気の有する熱エネルギーを、右辺の第 3 項が燃焼によって発生する熱エネルギーを、右辺の第 4 項が燃焼ガスを現在のタービン入口温度 T 4 までに上昇するために必要なエネルギーを、左辺がタービン入口温度 T 4 の変化量に対する燃焼ガスによる熱エネルギーの変化量を、それぞれ表す。よって、右辺が正となる場合、現在のタービン入口温

度  $T_4$  まで上昇するのに必要なエネルギーよりも燃焼器 3 によって投入されるエネルギーが高いことを示し、又、右辺が負となる場合、現在のタービン入口温度  $T_4$  まで上昇するのに必要なエネルギーよりも燃焼器 3 によって投入されるエネルギーが低いことを示す。

#### 【0033】

タービン入口温度演算部 15 において (2) 式の伝達関数に基づいて求められたタービン入口温度  $T_4$  の値が、パイロット比演算部 16、バイパス弁開度演算部 17、IGV 開度演算部 18 に与えられる。そして、パイロット比演算部 16 では、図 2 に基づいてパイロット比が求められ、乗算部 12 に与えられる。又、バイパス弁開度演算部 17 では、図 3 に基づく値となるバイパス弁制御信号が求められ、燃焼器バイパス弁 8 に与えられる。又、IGV 開度演算部 18 では、図 4 に基づく値となる IGV 制御信号が求められ、IGV 5 に与えられる。尚、図 2～図 4 の横軸は、タービン入口温度  $T_4$  を表す。即ち、タービン入口温度  $T_4$  が高くなると、パイロット比が小さくなり、又、所定値以上となったとき、燃焼器バイパス弁 8 の開度を閉じる方向に変化させるとともに IGV 5 の開度を開く方向に変化させる。

#### 【0034】

このように、パイロット比演算部 16 で求められたパイロット比は、乗算部 12 に与えられて、乗算部 12 において、リミッタ 11 より与えられる CSO に乗算される。今、パイロット比を  $P$  とすると、乗算部 12 より  $P \times CSO$  となる値のパイロット燃料制御信号が出力され、減算部 13 及びパイロット燃料制御弁 7 に与えられる。このパイロット燃料制御信号が減算部 13 に与えられるため、減算部 13 でリミッタ 11 から与えられる CSO より減算すると、減算部 12 より  $(1 - P) \times CSO$  となる値のメイン燃料制御信号が出力され、メイン燃料制御弁 6 に与えられる。

#### 【0035】

このようにして燃焼器制御装置 20 が動作することによって、タービン入口温度  $T_4$  に基づいて、燃焼器 3 の燃焼状態を制御することができる。即ち、タービン入口温度  $T_4$  が高い場合は、IGV 5 の開度を開くとともに燃焼器バイパス弁

8の開度を閉じることで、燃焼器3への流入空気の流量を増加させて燃空比を下げ、又、メイン燃料制御弁6の開度を開くとともにパイロット燃料制御弁7の開度を閉じることで、パイロット比を低くして、高負荷時に発生するNO<sub>x</sub>の排出量を抑制することができる。

#### 【0036】

又、タービン入口温度T<sub>4</sub>が低い場合は、IGV5の開度を閉じるとともに燃焼器バイパス弁8の開度を開くことで、燃焼器3への流入空気の流量を増加させて燃空比を上げ、又、メイン燃料制御弁6の開度を閉じるとともにパイロット燃料制御弁7の開度を開くことで、パイロット比を高くして、低負荷時に発生する燃焼振動を抑えて安定燃焼させることができる。

#### 【0037】

又、本実施形態では、タービン入口温度演算部15について、(2)式の伝達関数に基づいてタービン入口温度T<sub>4</sub>を求めるものとしたが、例えば、図5に示すような構成のものを用いても構わない。図5に示すタービン入口温度演算部15は、下の(3)式に基づく構成となる。尚、(3)式において、T<sub>4</sub>:現在のタービン入口温度、T<sub>4k</sub>:前回の演算結果であるタービン入口温度、Δt:各計測部22~24から計測値が与えられるタイミング時間である。又、(3)式によって、現在のタービン入口温度T<sub>4</sub>は、(4)式のように表される。

#### 【0038】

$$Cp_4 V_{cb} \gamma_4 \times (T_4 - T_{4k}) / \Delta t = Cp_f G_f T_f + Cp_3 G_3 T_3 + \eta H_f G_f - Cp_4 G_4 T_4 \dots (3)$$

$$T_4 = ((Cp_f G_f T_f + Cp_3 G_3 T_3 + \eta H_f G_f) \times \Delta t + Cp_4 V_{cb} \gamma_4 \times T_{4k}) / (\Delta t Cp_4 G_4 + Cp_4 V_{cb} \gamma_4) \dots (4)$$

#### 【0039】

図5において、乗算部31によって燃料温度T<sub>f</sub>及び燃料流量G<sub>f</sub>が乗算された後、乗算部32によって定数である燃料比熱C<sub>p f</sub>が乗算されるとともに、乗算部33によって空気温度T<sub>3</sub>及び空気流量G<sub>3</sub>が乗算された後、乗算部34によって定数である燃焼器3の車室比熱C<sub>p 3</sub>が乗算される。又、燃料流量G<sub>f</sub>は乗算部36によって定数である燃焼器3の熱効率η及び燃料発熱量H<sub>f</sub>を乗算し



た値  $\eta \times H_f$  が乗算される。そして、乗算部 32, 34 より得られた値が加算部 35 で加算された後、この加算部 35 で得られた値と乗算部 36 で得られた値とが加算部 37 で加算される。

#### 【0040】

このようにして加算部 37 より出力される値  $(C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f)$  に対して、乗算部 38 において、定数であるタイミング時間  $\Delta t$  が乗算される。又、メモリ 30 には、前回の演算結果であるタービン入口温度  $T_{4k}$  が格納されており、このタービン入口温度  $T_{4k}$  が乗算部 39 に与えられると、定数である燃焼ガス比熱  $C_{p4}$  と燃焼器 3 の容積  $V_{cb}$  と燃焼ガス比重  $\gamma_4$  との乗算値が乗算され、更に、加算部 40 において、乗算部 38 で得られた  $(C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f) \times \Delta t$  が加算される。

#### 【0041】

又、加算部 41 では、燃料流量  $G_f$  と空気流量  $G_3$  が加算されてタービン入口燃焼ガス流量  $G_4$  が求められた後、このタービン入口燃焼ガス流量  $G_4$  に、定数であるタイミング時間  $\Delta t$  と燃焼ガス比熱  $C_{p4}$  との乗算値が乗算部 42 において乗算される。そして、更に、加算部 43 において、乗算部 42 で得られた値に、定数である燃焼ガス比熱  $C_{p4}$  と燃焼器 3 の容積  $V_{cb}$  と燃焼ガス比重  $\gamma_4$  との乗算値が加算される。

#### 【0042】

このようにして、加算器 40 より得られた値  $A = ((C_{pf} G_f T_f + C_{p3} G_3 T_3 + \eta H_f G_f) \times \Delta t + C_{p4} V_{cb} \gamma_4 \times T_{4k})$  と、加算部 43 より得られた値  $B = (\Delta t C_{p4} G_4 + C_{p4} V_{cb} \gamma_4)$  とが除算部 44 に与えられると、 $A/B$  の演算が行われ、現在のタービン入口温度  $T_4$  が求められる。そして、求められたタービン入口温度  $T_4$  は、パイロット比演算部 16、バイパス弁開度演算部 17、IGV 開度演算部 18 それぞれに与えられるとともに、メモリ 30 にタービン入口温度  $T_{4k}$  として格納される。

#### 【0043】

尚、タービン入口温度演算部 15 については、(1) 式の関数に基づいてタービン入口温度  $T_4$  を求める構成であれば、図 5 のような構成例に限らず、他の

構成としても構わない。又、燃焼器 3 への空気流量  $G_3$  を、圧縮機 1 へ流入される空気の差圧  $P_d$  及び燃焼器バイパス弁 8 の開度  $k$  に基づいて求めるものとしたが、燃焼器 3 へ空気を供給する経路に流量計を設け、この流量計によって直接測定するようにしても構わない。

#### 【0044】

##### 【発明の効果】

本発明によると、タービン入口温度演算部において、燃焼器へ供給される燃料及び空気それぞれの流量及び温度に基づいてタービン入口温度が求められるため、比較的、実際の温度に近いタービン入口温度を求めることができる。又、このタービン入口温度に基づいて、燃焼器の燃焼状態を制御するため、その応答性を良くすることができる。又、従来と異なり、発電機出力に基づく燃焼器の燃焼状態の制御でないので、電力系統の外乱やガスタービンと同軸に設けられた蒸気タービンの状態変化に関係なく、常に最適な燃焼状態に保つように制御することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の燃焼器制御装置を備えたガスタービン発電施設の構成を示すブロック図。

【図 2】 パイロット比とタービン入口温度又は  $CSO$  との関係を示すグラフ。

【図 3】 燃焼器バイパス弁の開度とタービン入口温度又は発電機出力との関係を示すグラフ。

【図 4】  $IGV$  の開度とタービン入口温度又は発電機出力との関係を示すグラフ。

【図 5】 タービン入口温度演算部の内部構成の一例を示す図。

【図 6】 従来のガスタービン発電施設の構成を示すブロック図。

##### 【符号の説明】

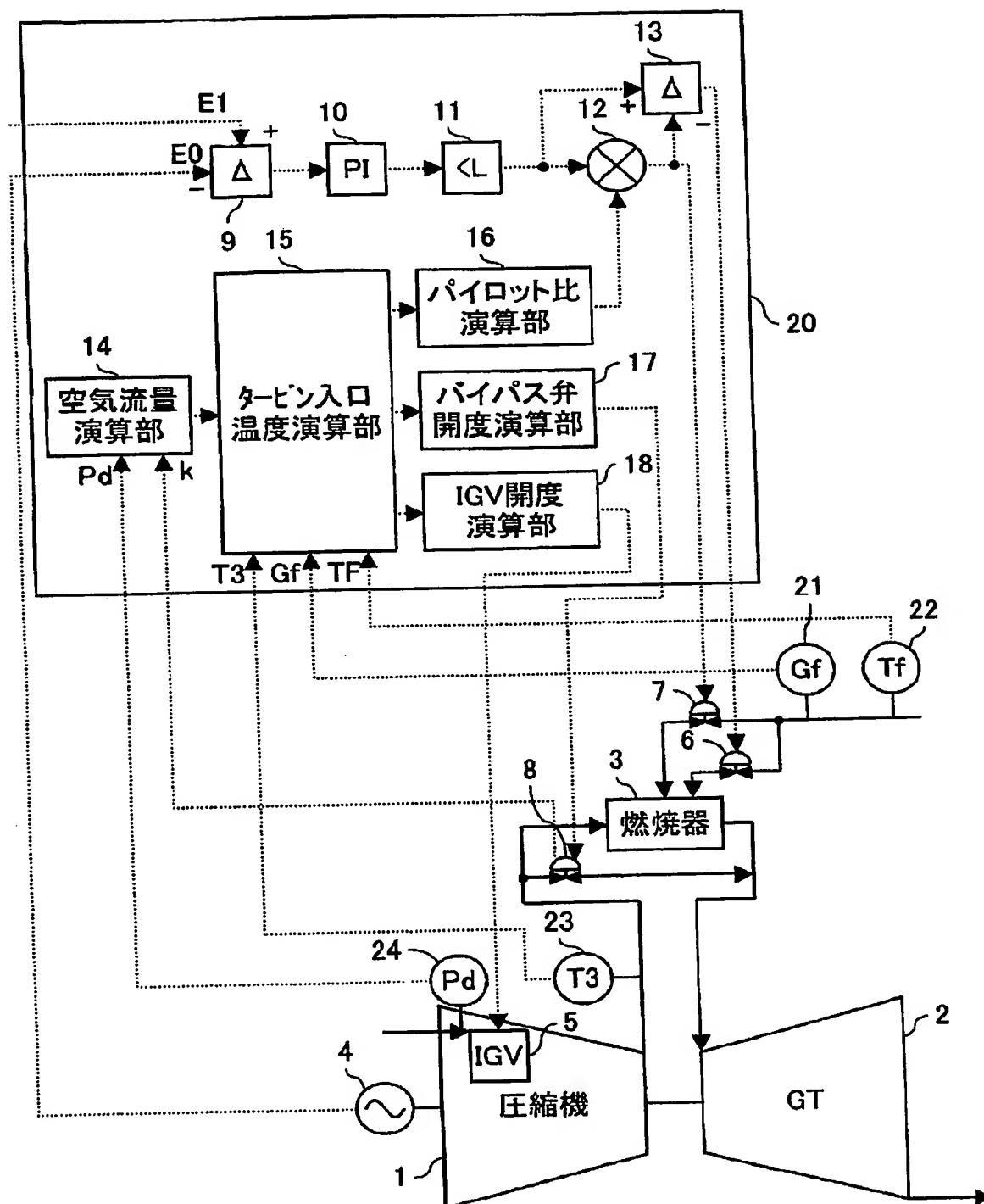
- 1 圧縮機
- 2 ガスタービン
- 3 燃焼器

- 4 発電機
- 5 IGV
- 6 メイン燃料制御弁
- 7 パイロット燃料制御弁
- 8 燃焼器バイパス弁
- 9 減算部
- 10 PI部
- 11 リミッタ
- 12 乗算部
- 13 減算部
- 14 空気流量演算部
- 15 タービン入口温度演算部
- 16 パイロット比演算部
- 17 バイパス弁開度演算部
- 18 IGV開度演算部
- 20 燃焼器制御装置

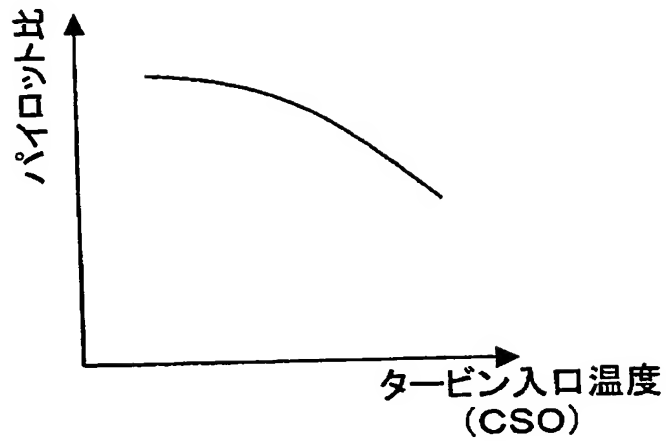
【書類名】

図面

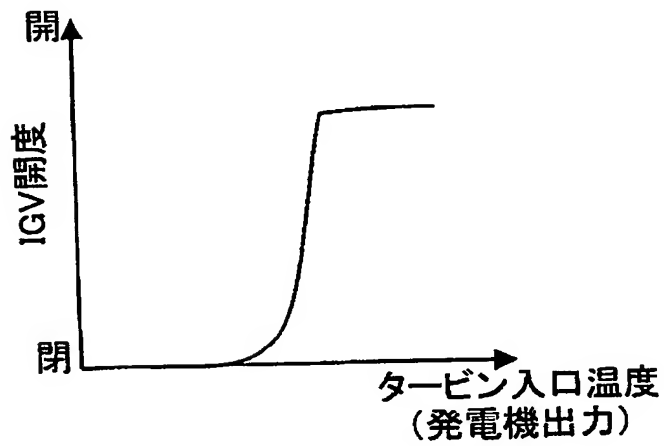
【図 1】



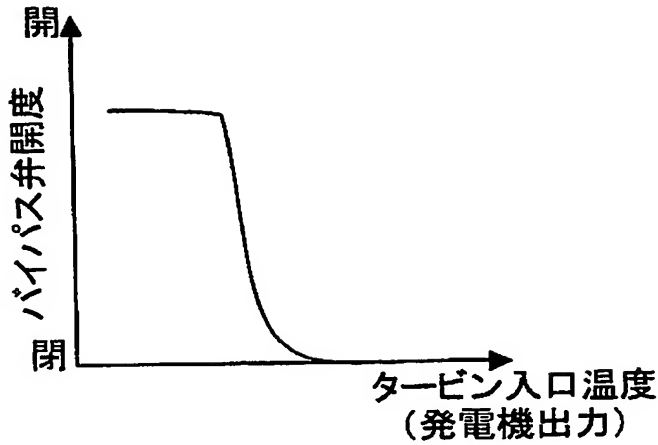
【図 2】



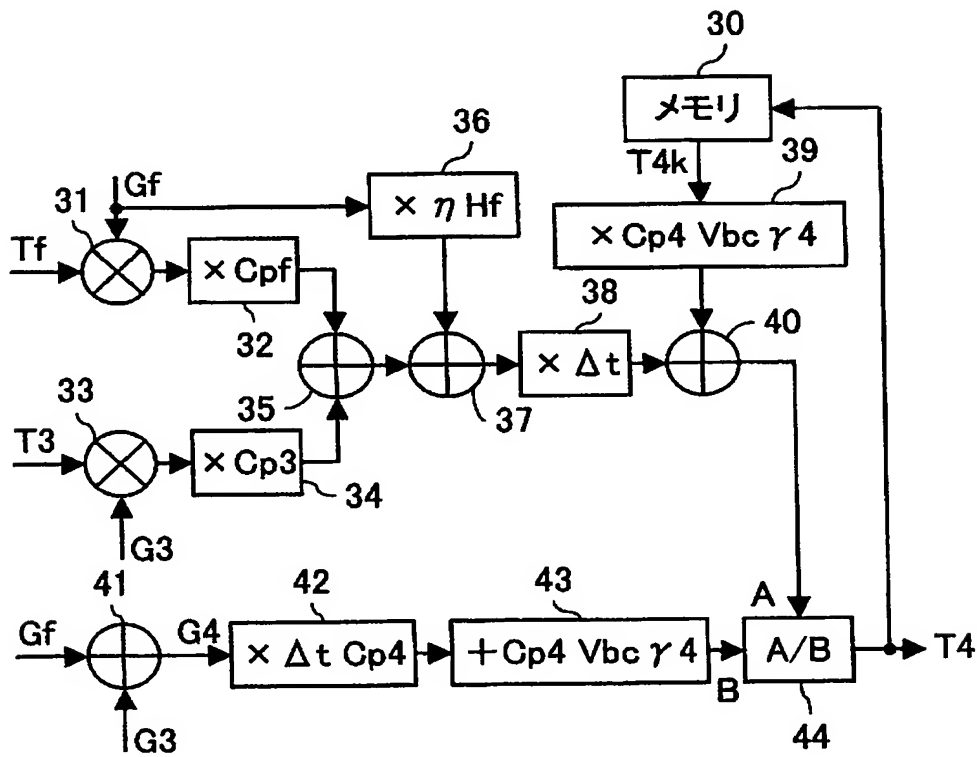
【図 3】



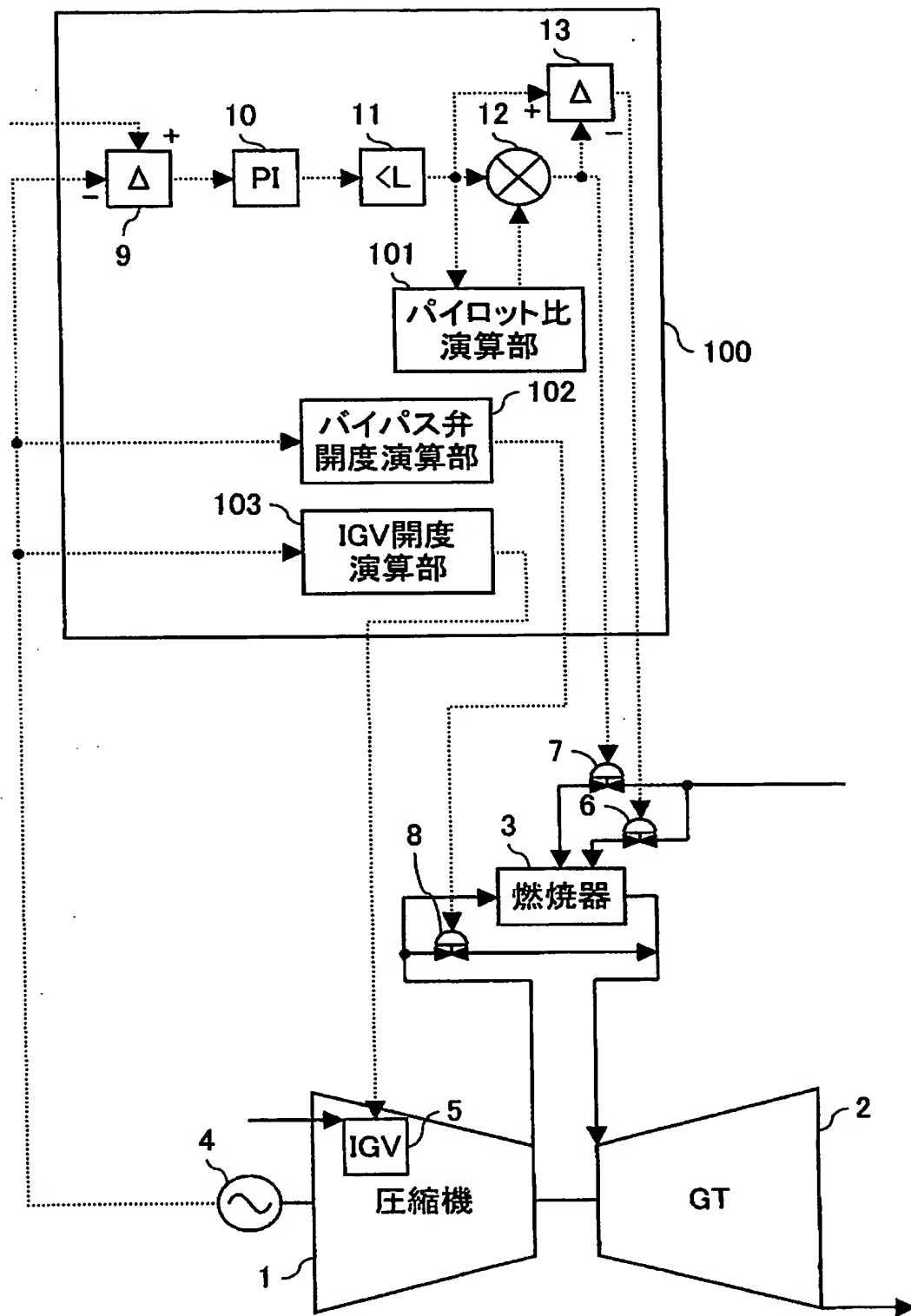
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、応答遅れが無く正確にタービン入口温度が演算可能であるとともに、演算結果となるタービン入口温度に基づいて燃焼器の制御を行うことができる燃焼器制御装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 タービン入口温度演算部 15 で、燃焼器 3 へ供給する燃料の流量  $G_f$  及び温度  $T_f$  と空気の流量  $G_3$  及び温度  $T_3$  とに基づいて、タービン入口温度  $T_4$  を求める。そして、このタービン入口温度  $T_4$  に基づいて、パイロット比演算部 16 においてパイロット比が設定されるとともに、バイパス弁開度演算部 17 及び IGV 開度演算部 18 において、バイパス弁制御信号及び IGV 制御信号が生成される。

【選択図】 図 1



特願 2002-297400

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006208]

- |          |                   |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月10日       |
| [変更理由]   | 新規登録              |
| 住 所      | 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 |
| 氏 名      | 三菱重工業株式会社         |
|          |                   |
| 2. 変更年月日 | 2003年 5月 6日       |
| [変更理由]   | 住所変更              |
| 住 所      | 東京都港区港南二丁目16番5号   |
| 氏 名      | 三菱重工業株式会社         |